



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 10 SEP. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr





26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

**cerfa**  
N° 11354\*03

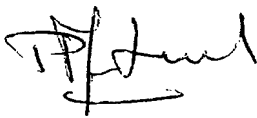

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2

**BR1**

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 210502

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>31 MARS 2003</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0303928</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE <b>31 MARS 2003</b> PAR L'INPI		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE  CABINET BEAU DE LOMENIE 158, rue de l'Université 75340 PARIS CEDEX 07	
<b>V s r 'férences pour ce dossier</b> <i>(facultatif)</i> <b>H272520/9. PM</b>			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b>		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		N° _____ Date _____ N° _____ Date _____	
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/> N° _____ Date _____	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b>  "Procédé de fabrication de cristaux monocristallins"			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b> <b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b> <b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b> <b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> <b>S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suit »</b>	
<b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b>		<input checked="" type="checkbox"/> <b>Personne morale</b> <input type="checkbox"/> <b>Personne physique</b>	
Nom ou dénomination sociale		S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme à Conseil d'Administration	
N° SIREN		_____	
Code APE-NAF		_____	
Domicile ou siège	Rue	Parc Technologique des Fontaines	
	Code postal et ville	3 8 1 9 0 BERNIN	
	Pays	FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		N° de télécopie <i>(facultatif)</i>	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
<input type="checkbox"/> <b>S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»</b>			

REMISE DES PIÈCES DATE LIEU <b>31 MARS 2003</b> <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI <b>0303928</b>		Réservé à l'INPI		DB 540 W / 010801	
<b>Vos références pour ce dossier :</b> (facultatif)			H272520/9.PM		
<b>6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)</b>					
Nom					
Prénom					
Cabinet ou Société			CABINET BEAU DE LOMENIE		
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel					
Adresse	Rue	158, rue de l'Université			
	Code postal et ville	7513401 PARIS CEDEX 07			
	Pays	FRANCE			
N° de téléphone (facultatif)			01 44 18 89 00		
N° de télécopie (facultatif)			01 44 18 04 23		
Adresse électronique (facultatif)					
<b>7 INVENTEUR (S)</b>			Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques		
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes			<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)		
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>			Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)		
Établissement immédiat ou établissement différé			<input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé		
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)			Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non		
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>			Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes					
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)			<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>		
Pascal MOUTARD CPI N° 99.0300 					

## 5    **Domaine technique et art antérieur**

La présente invention concerne le domaine de la fabrication de cristaux monocristallins.

En particulier, est notamment concernée la fabrication de cristaux  
10 en grand diamètre (par exemple : supérieur à 100 mm), et de préférence avec des densités de défauts assez faibles.

Est également concernée par la présente invention la fabrication de cristaux de diamètre quelconque, en particulier inférieur à 100 mm, et avec une faible densité de défauts.

15 Le carbure de silicium (SiC), le nitrure d'aluminium (AlN) et le nitrure de Gallium (GaN) sont des matériaux concernés par l'invention.

Une des applications de l'invention concerne le domaine des composants électroniques et optoélectroniques, utilisant des substrats monocristallins à faible densité de défauts comme substrat de base pour  
20 leur fabrication.

Par exemple, la production de composants optoélectroniques de type LED (diode électroluminescentes) ou diodes lasers sur substrats de carbure de silicium émettant dans les faibles longueurs d'onde du spectre visible (bleu, Ultra Violet) est réalisée aujourd'hui sur des  
25 substrats de diamètre limité à 2 pouces (50,8 mm). En outre, la densité de défauts (de type « micropipe ») des substrats de SiC utilisés est relativement importante (environ 100 défauts /  $\text{cm}^2$ ). Tous ces facteurs limitent les rendements de fabrication de ces composants.

La production de composants électroniques de puissance comme  
30 des diodes Schottky ou transistors MOS (Métal Oxyde Semiconducteur) ou FET de puissance est elle aussi réalisée aujourd'hui sur des substrats dont le diamètre est limité à 2 pouces (50,8 mm). La densité de défauts (de type « micropipe ») des meilleurs substrats de SiC utilisés est là encore relativement importante (jusqu'à environ 15 défauts /  $\text{cm}^2$ ). Ces  
35 différents facteurs limitent les rendements de fabrication de ces composants. De plus certains fabricants potentiels de ce genre de composants ne disposent que de lignes de fabrication n'acceptant que

dés substrats de diamètre au minimum égal à 100 mm. Le diamètre des plaquettes de SiC disponibles (50, 8 mm) est donc aujourd'hui réellement insuffisant pour qu'une activité industrielle significative démarre.

5 Pour le SiC, les défauts concernés sont en fait les « micropipes », tels que décrits par exemple dans l'article de V. Tsvetkov et al. paru dans Materials Science Forum, Vol. 264-268, pt. 1, pages 3-8, 1998 et intitulé « SiC seeded bowl growth ». Pour le SiC se pose donc le problème d'obtenir des substrats avec des densités de micropipes  
10 inférieures à  $1/\text{cm}^2$  ou comprises entre 1 et  $10/\text{cm}^2$ .

Pour le GaN et l'AlN, ce sont plutôt les dislocations dont la densité est critique. Ainsi, un substrat de GaN obtenu par épitaxie épaisse présente, typiquement, des densités de dislocations de l'ordre de  $10^8 \text{cm}^{-2}$ . Les meilleurs substrats actuels de ces matériaux ont des densités de  
15 dislocation de l'ordre de  $10^5$ - $10^6 \text{cm}^{-2}$ . Il se pose donc le problème d'obtenir des substrats de GaN ou de AlN, avec des densités de dislocation inférieures à  $10^4 \text{cm}^{-2}$ . Ces substrats sont notamment utilisés pour la fabrication de diodes laser ou de diodes électroluminescentes de puissance à forte durée de vie.

20 Il se pose plus généralement le problème de la réalisation de cristaux, notamment de SiC, ou GaN ou AlN, en particulier de grand diamètre et de grande pureté.

On connaît une technique de fabrication de SiC par sublimation à très haute température (température > à  $2000^\circ\text{C}$ ). Une autre technique  
25 récente est la technique de croissance épitaxiale à haute température (HTCVD entre  $1800^\circ\text{C}$  et  $2000^\circ\text{C}$ ). Pour les matériaux AlN et GaN, la technique de sublimation est également utilisée mais avec plusieurs années de retard par rapport au SiC. Enfin pour le GaN, la technique de croissance épitaxiale épaisse HVPE (Hydride Vapor Phase Epitaxy) est  
30 utilisée pour la réalisation de substrats GaN autoportés. Dans toutes ces techniques, l'élargissement du cristal est soit très délicat soit intrinsèquement impossible.

La technique de sublimation à haute température pour la croissance de larges cristaux pose notamment les problèmes suivants.

35 Pour obtenir un élargissement du cristal, il est en effet nécessaire, suivant cette technique, de contrôler les gradients radiaux

de température entre le centre du cristal et le bord du cristal. Dans la littérature, et en particulier dans l'article de C.Moulin et al. « SiC single crystal growth by sublimation : experimental and numerical results » paru dans Materials Science Forums, Vol. 353 . 356 (2001), p. 7 – 10, sont décrites de nombreuses corrélations entre les gradients de température et la distribution des défauts cristallins et des contraintes le long du diamètre du cristal. Ce contrôle est technologiquement très difficile car il doit être de l'ordre de quelques degrés C pour un cristal porté à plus de 2000°C. De plus, lorsqu'on souhaite élargir un cristal, ce dernier ne se présente pas sous la forme d'un cylindre mais plutôt d'un tronc de cône.

Une autre technique a été développée, permettant d'obtenir des cristaux droits en contrôlant les effets thermiques (voir par exemple Y.Kitou et al. « Flux controlled sublimation growth by an inner guide tube », Material Science Forum, Vol. 383 – 393 (2002), p. 83 – 86). Mais les cristaux obtenus sont de petit diamètre, et cette technique ne permet pas de les élargir.

#### Exposé de l'invention :

20

L'invention concerne d'abord un procédé de réalisation d'un cristal d'un premier matériau monocristallin, comportant :

- une étape d'assemblage d'un premier substrat et d'au moins un film ou d'au moins une couche en un premier matériau monocristallin, ou en un second matériau monocristallin, compatible avec le premier,
- une étape de croissance dudit premier matériau sur le film ou la couche mince.

De préférence, le premier substrat a un diamètre supérieur ou égal à 100mm, ce qui permet l'obtention d'un cristal de diamètre important, lui aussi de diamètre ou de dimension maximale supérieur ou égal à 100mm, ou compris entre 100mm et 150mm ou 200 mm ou entre 100 mm et 300 mm.

Afin de réaliser un germe de croissance de grande surface, il est possible d'assembler ou de juxtaposer plusieurs films minces sur le premier substrat.

L'étape d'assemblage peut être réalisée par collage d'au moins un film ou d'au moins une couche de matériau monocristallin sur le premier substrat.

5 Elle peut comporter l'assemblage du premier substrat avec un cristal en matériau monocristallin, puis un amincissement de ce cristal, l'amincissement pouvant être réalisée par formation préalable d'une couche ou d'une zone de fragilisation dans le cristal, puis séparation d'une partie du cristal le long de ce plan de fragilisation, ou encore par polissage ou gravure.

10 Selon une variante, l'étape d'assemblage comporte l'assemblage d'un film mince avec un deuxième substrat, l'assemblage du premier substrat et de l'ensemble comportant le film mince et le deuxième substrat, et la séparation du deuxième substrat et du film mince, ou l'élimination du deuxième substrat.

15 La croissance peut être de type épitaxie épaisse à haute température ou par sublimation. Elle permet d'obtenir un matériau cristallin d'épaisseur comprise entre quelques dizaines de  $\mu\text{m}$  et plusieurs mm.

20 L'invention concerne également un cristal de matériau monocristallin, de dimension maximale ou de diamètre supérieur ou égal à 100 mm, et/ou de densité de micropipes inférieure à  $1/\text{cm}^2$ , (pour le SiC, notamment de polytype 6H ou 4H ou 3C), ou de densités de dislocations inférieure à  $10^3/\text{cm}^2$  ou  $10^4/\text{cm}^2$  (pour AlN ou GaN).

25 Un tel cristal peut avoir une épaisseur par exemple comprise entre 100  $\mu\text{m}$  et 500  $\mu\text{m}$  ou entre 100  $\mu\text{m}$  et 1 mm ou encore entre 1 mm et 10 mm.

30 L'invention concerne également un procédé de croissance épitaxiale d'un matériau, dans lequel ledit matériau croît sur un tel cristal, mais d'épaisseur comprise entre 0,1  $\mu\text{m}$  ou 0,3  $\mu\text{m}$  et 0,7  $\mu\text{m}$  ou 1,5  $\mu\text{m}$ .

### Brève description des figures

35 - la figure 1 illustre un premier mode de réalisation de l'invention,



- la figure 2 illustre un second mode de réalisation de l'invention,

- les figures 3 à 4C illustrent certaines des étapes de réalisation d'un procédé selon l'invention,

5 - la figure 5 représente une étape de croissance cristalline,

- la figure 6 est un exemple de cristal obtenu par un procédé selon l'invention.

## 10 Description détaillée de modes de réalisation de l'invention

Un premier exemple de réalisation de l'invention concerne un procédé de fabrication de cristaux de SiC. L'invention s'applique  
15 cependant de la même manière à d'autres matériaux, tels que AlN ou GaN.

Tout d'abord, comme illustré sur la figure 1, est réalisé un prélèvement de film mince 4 de SiC monocristallin, par exemple d'épaisseur 0, 5  $\mu\text{m}$ , ou encore comprise entre 0,1  $\mu\text{m}$  et 1  $\mu\text{m}$  ou 2  
20  $\mu\text{m}$ , à partir d'un substrat source 6, présentant de préférence lui-même une faible densité de défauts ou de micropipes, par exemple inférieure à 1 par  $\text{cm}^2$  ou comprise entre 1 par  $\text{cm}^2$  et 10 par  $\text{cm}^2$ . Puis on reporte ce film mince 4, par exemple par collage, sur un substrat 2 qui peut être notamment de diamètre supérieur à 100 mm.

25 Pour le SiC, comme d'ailleurs pour l'AlN et le GaN, la pièce support 2 peut être en graphite, et le collage peut être effectué avec une colle réfractaire (colle graphite). On peut choisir de coller sur le graphite, soit la face Si, soit la face C du cristal de SiC.

Si le diamètre du substrat donneur 6 est inférieur à 100 mm, on  
30 peut procéder, comme illustré sur la figure 2, à plusieurs prélèvements et reports sur le même substrat 2 de façon à couvrir la surface de ce dernier par un ensemble 10 de films reportés 4, sur une surface, de forme carrée ou sensiblement circulaire ou autre, au moins équivalente à celle couverte par un substrat circulaire du diamètre souhaité, par  
35 exemple supérieur à 100 mm.

On peut ainsi assembler, côte à côte, tel un puzzle, ou juxtaposer, plusieurs films minces de forme carrée, rectangulaire ou autre, de manière à couvrir une surface du substrat 2, par exemple au moins 75cm<sup>2</sup> ou 80cm<sup>2</sup> pour avoir un cristal d'au moins 100 mm de diamètre ou de dimension transverse maximal ou compris entre 75cm<sup>2</sup> et 320 cm<sup>2</sup> ou 500cm<sup>2</sup> pour avoir un cristal de diamètre ou de dimension maximale comprise entre 100 mm et 150 mm ou 200mm ou 300 mm.

De préférence, on veille à homogénéiser l'orientation cristalline de ces différents reports de manière à ce que la surface couverte présente globalement une seule orientation de surface. La densité de défauts cristallins sur l'assemblage réalisé est aussi de préférence homogène sur toute la surface ainsi reconstituée.

L'invention permet donc la réalisation d'un cristal monocristallin par report, sur une pièce support 2, destinée à être placée dans un four de croissance, d'un ou de plusieurs film mince monocristallin 4, d'épaisseur par exemple de l'ordre de quelques dixièmes de  $\mu\text{m}$ , par exemple comprise entre 0,3 et 0,7  $\mu\text{m}$ , et de préférence de très bonne qualité, cette dernière étant liée au choix initial concernant la qualité du substrat source 6.

Comme illustré sur la figure 3, le report du film mince 4 sur le substrat 2 peut être obtenu par utilisation d'un cristal 12 dans lequel un plan de fragilisation 14 est préalablement réalisé, par exemple par implantation ionique d'ions hydrogène et/ou hélium.

L'assemblage de ce cristal et du premier substrat 2 est suivi d'un amincissement. Un traitement permettant de provoquer une fracture le long du plan de fragilisation, et donc un amincissement, est par exemple décrit dans l'article de A.J.Auberton-Hervé et al « Why can Smart Cut change the future of microelectronics », paru dans Intern. Journal of High Speed Electronics and Systems, Vol.10, N.1, 2000, p.131 – 146.

La formation d'un plan de fragilisation peut être obtenue par d'autres méthodes que l'implantation d'ions. Ainsi il est possible de réaliser une couche de silicium poreux, comme décrit dans l'article de K.Sataguchi et al. « Eltran by Splitting Porous Si layers », Proc. of the 9<sup>th</sup> Int. Symp. on Silicon-on-Insulator Tech. and Device, 99 – 3, The

Electrochemical Society, Seattle, p.117-121, 1999. Cette technique peut être appliquée à SiC, GaN, AlN.

Il est aussi possible de réaliser un amincissement sans utiliser un plan de fragilisation, par exemple par polissage ou gravure.

5 Comme illustré sur les figures 4A et 4B, le report du film mince 4 sur le substrat 2 peut aussi être obtenu par utilisation d'un deuxième substrat 16 et assemblage, par exemple par collage par adhesion moléculaire d'un film mince 4 avec ce deuxième substrat (figure 4A). Ce type de collage est décrit par exemple dans l'ouvrage de Q.T. Yong et  
10 U. Gösele « Semiconductor Wafer Bonding » (Science and Technology), Wiley Interscience Publications. Dans le cas du SiC, ce deuxième substrat peut être en silicium oxydé, on forme donc temporairement une structure de type SiCOI (SiC sur isolant).

Cet ensemble est ensuite assemblé, par exemple par collage par  
15 colle graphite, avec le premier substrat 2 (figure 4B). Puis le deuxième substrat est séparé ou détaché du film mince par décollement du substrat 16 et du film mince le long de l'interface de collage qui les relie, ou éliminé par polissage et attaque chimique.

Selon une variante, illustrée en figure 4C, le film mince 4 est  
20 reporté sur le deuxième substrat 16, mais celui-ci est ensuite placé sur le substrat 2 comme indiqué sur la figure. Il n'y a alors plus besoin de procéder à un détachement du substrat 16 et du film mince 4.

Le report peut donc être par exemple réalisé par collage d'un cristal préalablement implanté en hydrogène, ou dans lequel une  
25 couche poreuse est réalisée, et transfert d'un film mince après recuit de fracture, ou par collage d'un film mince au préalable collé et reporté sur un substrat temporaire qui sera éventuellement, après collage sur la pièce support, éliminé totalement pour ne laisser que le film mince si celui-ci est positionné contre la pièce support elle-même.

30 Il est également possible de réaliser un report sur un substrat 2, comme sur la figure 2, non pas de films minces, mais de couches plus épaisses. Il n'y a pas, alors, à procéder à une étape d'amincissement d'un cristal tel que le cristal 12 ou à l'élimination d'un deuxième substrat tel que le substrat 16.

Cependant, l'utilisation de films minces permet d'en prélever plusieurs à partir d'une même plaque ou d'un même substrat source de très bonne qualité et avec les mêmes propriétés d'orientation cristalline.

Une fois la couverture réalisée à l'aide des films minces, la  
5 croissance peut être démarrée après placement de la pièce de support munie de sa couverture de films dans un équipement de croissance.

Il peut ensuite être procédé (figure 5) à une croissance d'un lingot 20, par sublimation, ou par épitaxie épaisse, à haute température, sur l'assemblage précédent.

10 Pour les matériaux AlN et GaN, une croissance sur un film mince de SiC peut être réalisée. Bien que les matériaux soient différents, ils sont compatibles entre eux pour une croissance cristalline.

La croissance peut être réalisée sur une épaisseur E suffisante pour avoir, après élimination du substrat 2 en graphite, une pièce de  
15 SiC (ou de AlN ou de GaN), suffisamment rigide pour être manipulée ; cette épaisseur est par exemple comprise entre 100µm et 200µm. Cette pièce peut, ensuite, soit resservir de germe de croissance après introduction dans un four de sublimation, selon des techniques connues, soit être elle-même utilisée comme plaquette.

20 La croissance peut aussi être réalisée pendant plusieurs heures pour atteindre l'épaisseur E d'un lingot classique, à savoir plusieurs millimètres, par exemple entre 1mm et 10mm de longueur. Après croissance, ce lingot peut être désolidarisé de son support en graphite 2, carotté, orienté aux rayons X et découpé en tranches, pour générer  
25 des plaquettes utilisables.

Pour éviter de réaliser une croissance sur une pièce non circulaire, un carottage du substrat 2 peut aussi être réalisé avant croissance.

On obtient donc un lingot 24 (figure 6), qui peut être cylindrique,  
30 de diamètre quelconque, qui peut être un grand diamètre D (supérieur à 100 mm), et de préférence avec une faible densité de défauts inférieure à 1/cm<sup>2</sup> ou comprise entre 1 et 10/cm<sup>2</sup> dans le cas de micropipes de SiC ou inférieure à 10<sup>3</sup>cm<sup>-2</sup> ou 10<sup>4</sup>cm<sup>-2</sup> dans le cas des dislocations de AlN ou GaN.

35 On notera que le diamètre dont il est question se réfère au diamètre d'une section circulaire sensiblement perpendiculaire à une

direction d'extension ou de croissance du lingot (cette direction est perpendiculaire au plan des films 4 sur la figure 5). Si le lingot n'est pas tout à fait cylindrique, il s'agira plutôt d'une dimension maximale mesurée dans une section du lingot sensiblement perpendiculaire à cette même direction d'extension ou de croissance.

Pendant la croissance épaisse, il n'est nécessaire de procéder ni à une surveillance des gradients radiaux de température au degré près, ni à un élargissement du cristal, étape qui serait délicate à maîtriser. Le diamètre final D recherché est en fait déterminé par la surface couverte par les films minces 10 initialement reportés sur le support 2 en graphite. On peut donc procéder à une croissance optimisée du cristal .

L'invention permet donc de générer un germe de croissance, en particulier de grande taille (4, ou 6, ou 8 pouces de diamètre, ou encore 100 mm, ou 150 mm, ou 200 mm de diamètre), et éventuellement de contrôler sa qualité cristalline en sélectionnant des films minces de bonne qualité.

Il est ainsi possible, par cette technique, de réaliser des lingots monocristallins 20, 24 de SiC de polytype 4H, 6H et 3C, par exemple, dans des diamètres supérieurs ou égaux à 100 mm. La réalisation de ces lingots monocristallins de SiC permet ensuite de fabriquer, après découpe en tranches 26 de matériau SiC et après polissages successifs de ces tranches, des plaquettes de SiC sur lesquelles peuvent être fabriqués des composants électroniques ou optoélectroniques.

Des substrats monocristallins 26 en SiC, de polytype 6H, obtenus par le procédé décrit ci-dessus, peuvent ensuite être utilisés pour la croissance épitaxiale de composés nitrurés comme l'AlN, le GaN, l'AlGaIn et l'InGaIn.

Des composants optoélectroniques de type LED (diode électroluminescentes) ou diodes lasers émettant dans les faibles longueurs d'onde du spectre visible (bleu, Ultra Violet), dont la production est réalisée aujourd'hui sur des substrats de diamètre 2 pouces (50,8 mm) peuvent donc désormais être réalisés dans des substrats plus larges (100 mm ou plus) et de haute pureté.

Des substrats de SiC de polytype 4H peuvent être utilisés pour la fabrication de composants électroniques de puissance comme des diodes Schottky ou transistors MOS (Métal Oxyde Semiconducteur) ou

FET de puissance. Ces substrats sont utilisés comme substrats pour la croissance épitaxiale de SiC, en vue de la fabrication de ces composants. Là encore, des substrats selon l'invention, de 100 mm de diamètre ou plus et de densité de défauts ou de micropipes d'au plus 1/cm<sup>2</sup>, permettent d'accroître les rendements de fabrication de tous ces composants.

L'invention permet donc d'obtenir des cristaux de diamètre quelconque, et notamment de grand diamètre (au moins 100 mm) et de préférence avec des densités de défauts inférieures à 1 par cm<sup>2</sup>, par collage et report de films minces monocristallins sur un substrat ou sur une pièce support, puis croissance du cristal sur cet assemblage. La surface de cet assemblage peut au moins être égale à la surface couverte par un substrat de diamètre 100 mm.

L'invention peut s'appliquer également à la croissance de lingots de matériaux, notamment en SiC, AlN, GaN, synthétisés par des techniques de sublimation à haute température, pour lesquelles la question d'élargissement du lingot pendant la croissance est normalement complexe.

## Revendications

- 5 1. Procédé de réalisation d'un cristal en un premier matériau monocristallin, comportant :
  - une étape d'assemblage d'un premier substrat (2) et d'au moins un film (4) ou d'au moins une couche en un second matériau monocristallin (6, 12),
  - une étape de croissance dudit premier matériau sur le film10 ou la couche mince.
- 15 2. Procédé selon la revendication 1, le premier substrat (2) ayant un diamètre supérieur ou égal à 100mm ou une surface au moins égale à 75 cm<sup>2</sup> ou 80 cm<sup>2</sup>.
- 20 3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, l'étape d'assemblage étant réalisée par collage d'au moins un film (4) ou d'au moins une couche du second matériau monocristallin (6, 12) sur le premier substrat (2).
- 25 4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, l'étape d'assemblage comportant l'assemblage du premier substrat (2) avec un cristal (12) du premier matériau monocristallin, puis un amincissement de ce dernier cristal.
- 30 5. Procédé selon la revendication 4, l'étape d'amincissement étant réalisée par formation préalable d'une couche ou d'une zone de fragilisation (14) dans le cristal, puis détachement d'une partie du cristal le long de cette couche ou zone de fragilisation.
- 35 6. Procédé selon la revendication 5, la couche, ou zone, de fragilisation étant réalisée par formation d'une zone poreuse.
7. Procédé selon la revendication 5, la couche, ou zone, de fragilisation étant réalisée par implantation d'ions dans le cristal.

8. Procédé selon la revendication 4, l'étape d'amincissement étant réalisée par polissage ou gravure.
- 5 9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, l'étape d'assemblage comportant :
- l'assemblage d'un film mince (4) avec un deuxième substrat (16),
  - l'assemblage du premier substrat (2) et de l'ensemble (16, 4) comportant le film mince et le deuxième substrat.
- 10 10. Procédé selon la revendication 9, comportant en outre une étape de séparation du deuxième substrat (16) et du film mince (4), ou l'élimination du deuxième substrat.
- 15 11. Procédé selon la revendication 9 ou 10, le deuxième substrat étant en silicium oxydé.
- 20 12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, l'étape de croissance étant réalisée par sublimation.
13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, l'étape de croissance étant réalisée par épitaxie épaisse à haute température.
- 25 14. Procédé selon l'une des revendications 1 à 13, le premier et le second matériaux monocristallins étant identiques.
- 30 15. Procédé selon l'une des revendications 1 à 14, le film (4) ou la couche de matériau monocristallin étant en SiC, avec une densité de micropipes inférieure à  $1/\text{cm}^2$ , ou comprise entre 1 et  $10/\text{cm}^2$ .
- 35 16. Procédé selon l'une des revendications 1 à 14, le film (4) ou la couche de matériau monocristallin étant en AlN ou GaN, avec une densité de dislocations inférieure à  $10^3\text{cm}^{-2}$  ou  $10^4\text{cm}^{-2}$ .



17. Procédé selon l'une des revendications 1 à 16, le premier matériau monocristallin étant en carbure de silicium (SiC) ou en nitrure d'aluminium (AlN) ou en nitrure de Gallium (GaN).
- 5
18. Procédé selon l'une des revendications 1 à 17, le premier matériau monocristallin étant du SiC, de polytype 6H ou 4H ou 3C.
- 10
19. Procédé selon l'une des revendications 1 à 18, l'étape de croissance étant réalisée jusqu'à obtenir une épaisseur de matériau monocristallin comprise entre 50µm et 300µm, ou entre 50µm et 1 mm.
- 15
20. Procédé selon l'une des revendications 1 à 18, l'étape de croissance étant réalisée jusqu'à obtenir une épaisseur de matériau monocristallin comprise entre 1mm et 10mm.
- 20
21. Procédé selon l'une des revendications 1 à 20, le premier substrat étant en graphite.
- 25
22. Procédé selon l'une des revendications 1 à 21, le film (4) ou la couche de second matériau cristallin ayant une épaisseur comprise entre 0,1 et 1,5 µm.
23. Cristal (24) de matériau monocristallin, de diamètre ou de dimension maximale supérieur(e) ou égal(e) à 100 mm.
- 30
24. Cristal selon la revendication 23, le matériau monocristallin étant en SiC et ayant une densité de micropipes inférieure à 1/cm<sup>2</sup>.
- 35
25. Cristal selon la revendication 23, le matériau monocristallin étant en AlN, ou en GaN, et ayant une densité de dislocations inférieure à 10<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup> ou 10<sup>4</sup>/cm<sup>2</sup>.

26. Cristal selon la revendication 23 ou 24, le matériau monocristallin étant en SiC, de polytype 6H ou 4H ou 3C.

5

27. Cristal selon l'une des revendications 23 à 26, d'épaisseur ou de longueur comprise entre 100  $\mu\text{m}$  et 500  $\mu\text{m}$  ou entre 100  $\mu\text{m}$  et 1 mm.

10

28. Cristal selon l'une des revendications 23 à 26, d'épaisseur ou de longueur comprise entre 1 mm et 10 mm.

15

29. Procédé de croissance épitaxiale d'un matériau (20), dans lequel ledit matériau croît sur un cristal, selon l'une des revendications 23 à 28, ce cristal ayant une épaisseur comprise entre 0,3 et 0,7  $\mu\text{m}$ .

20

30. Procédé selon la revendication 29, ledit matériau qui croît étant choisi parmi SiC, AlN, GaN, AlGaIn, InGaIn.

25

1/4

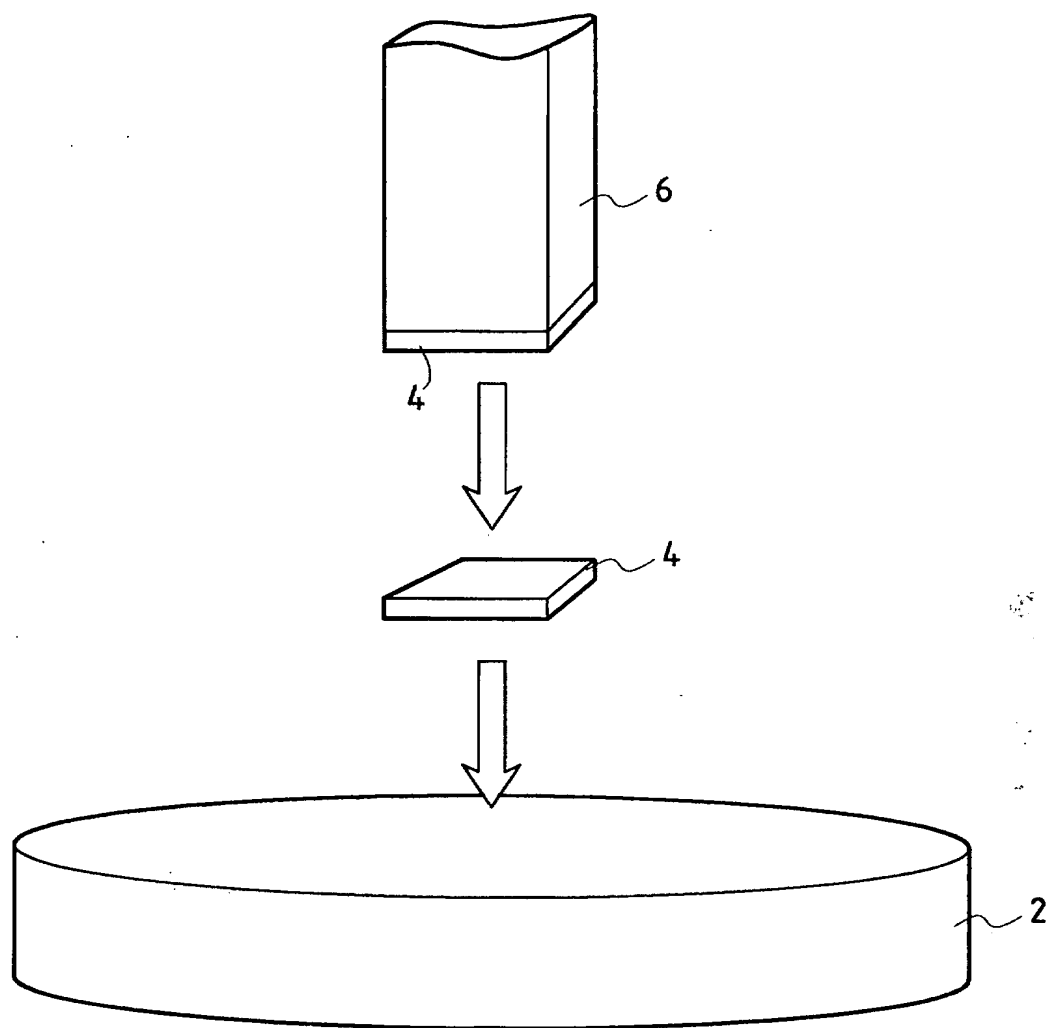


FIG.1

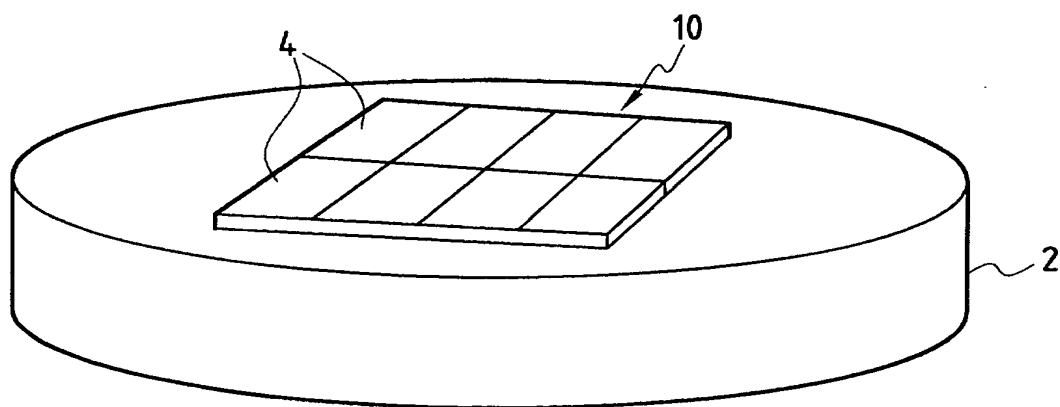


FIG.2

2/4

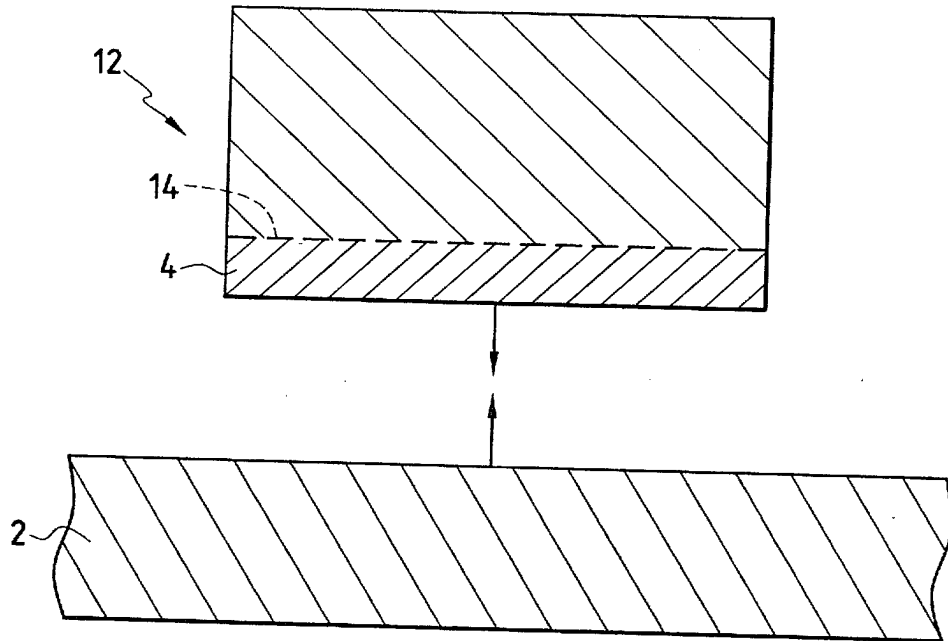


FIG.3

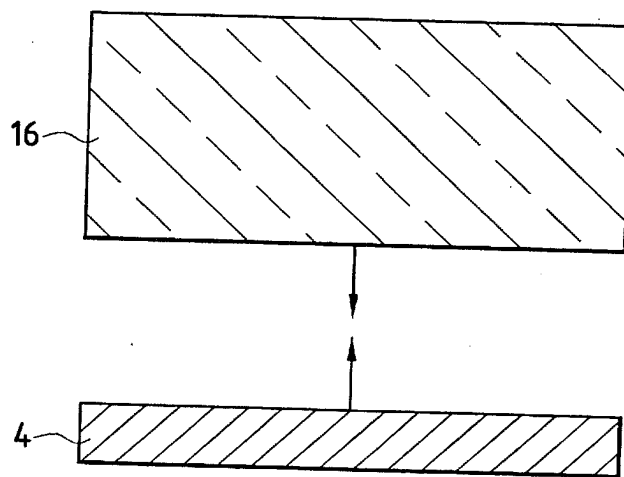


FIG.4A

3/4

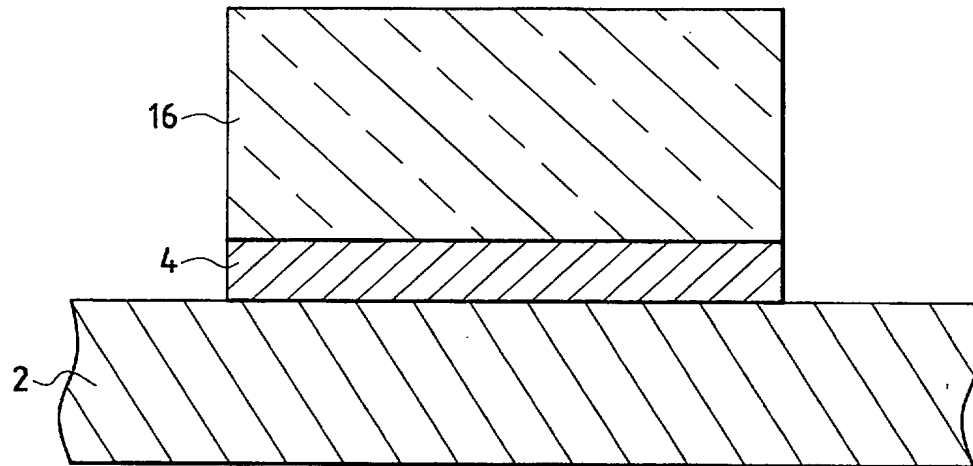


FIG.4B

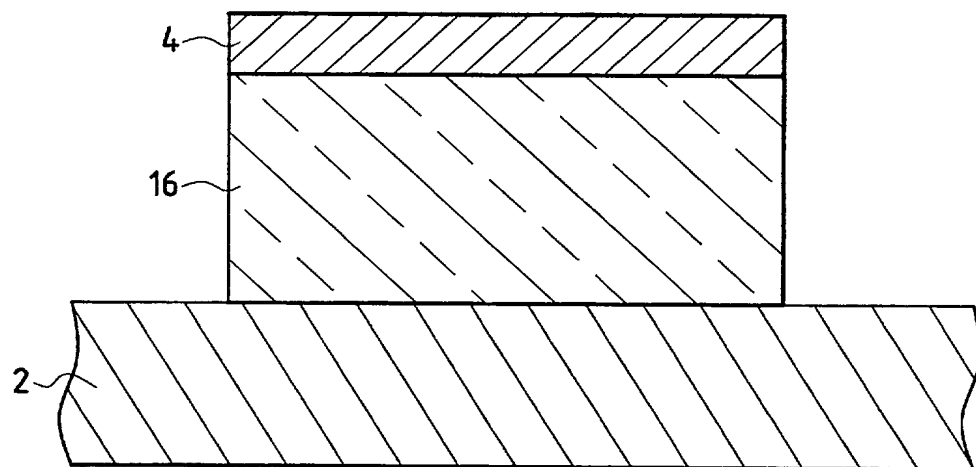


FIG.4C

4/4

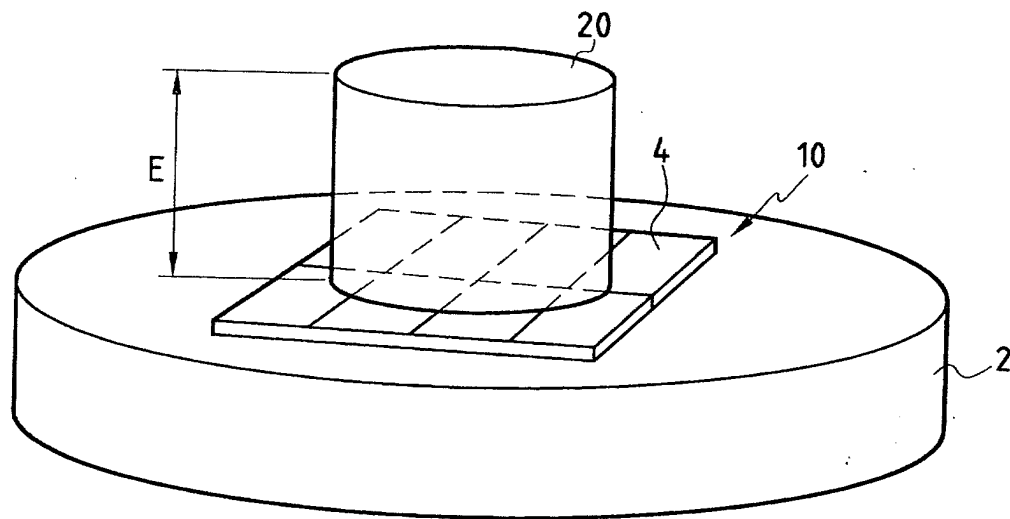


FIG. 5

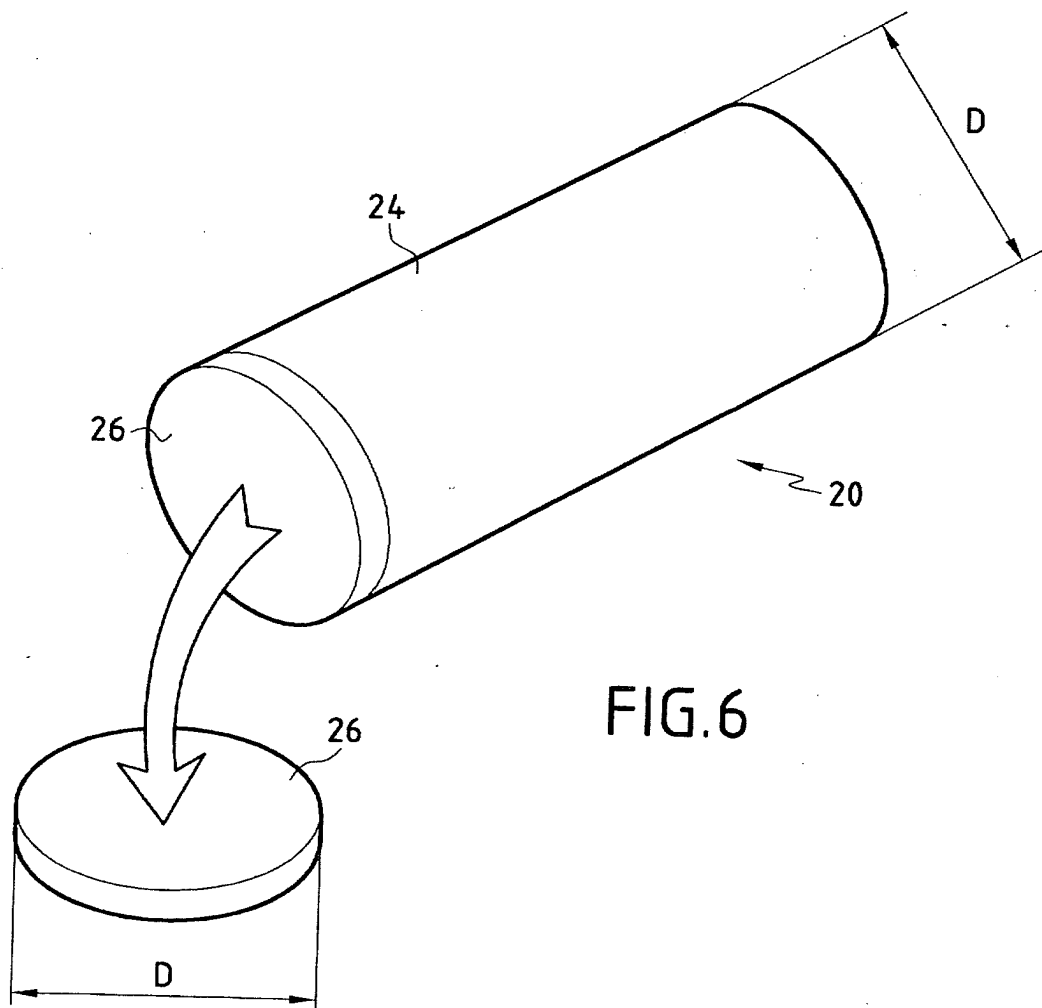


FIG. 6



## BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° . 1. / 1 ..

(À fournir dans le cas où les demandeurs et  
les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 270601

Vos références pour ce dossier (facultatif)		H272520/9.PM	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0303028	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
"Procédé de fabrication de cristaux monocristallins"			
LE(S) DEMANDEUR(S) :			
S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :			
1	Nom	LETERTRE	
	Prénoms	Fabrice	
	Adresse	Rue	33, quai Jongkind
		Code postal et ville	3 8 0 0 0 GRENOBLE FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)			
2	Nom		
	Prénoms		
	Adresse	Rue	
		Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)			
3	Nom		
	Prénoms		
	Adresse	Rue	
		Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)			
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire )		Paris, le 31 mars 2003 CABINET BEAU DE LOMENIE Pascal MOUTARD CPI N° 99.0300 	

